



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Luciano Alves do Nascimento

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA VIÁRIA NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO ENTRE AS CIDADES DE PALMAS E PORTO NACIONAL

Palmas-TO
2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Luciano Alves do Nascimento

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA VIÁRIA NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO ENTRE AS CIDADES DE PALMAS E PORTO NACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II, elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.

Palmas-TO
2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Reconhecido pelo Poder Judiciário nº 1.152.00.12/10/16, D.O.U. nº 197, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Luciano Alves do Nascimento

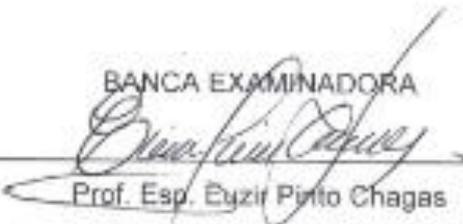
ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA VIÁRIA NA RODOVIA TO-050 NO TRECHO ENTRE AS CIDADES DE PALMAS E PORTO NACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II,
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil, pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

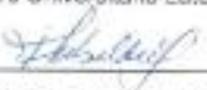
Orientador: Professor Especialista Euzir Pinto
Chagas.

Aprovado em: 23 / 05 / 2017

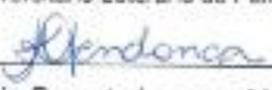
BANCA EXAMINADORA


Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas


Prof. M.Sc. Elizabeth Hernández Zubekdia

Centro Universitário Luterano de Palmas


Prof. Esp. Kênia Parente Lopes e Mendonça

Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO

2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, Autor da vida, que nos deu o privilégio da existência e a oportunidade de realizar esse trabalho.

Aos meus pais, Edmilson Alves do Nascimento e Ana Lúcia do Nascimento, que sempre se esforçaram desde o período da minha infância para me proporcionar a melhor educação, mesmo enfrentando dificuldades.

Ao meu Professor Orientador Euzir Pinto Chagas pelo grande auxílio na realização da pesquisa, pois sempre esteve disposto a contribuir para que o trabalho fosse desenvolvido da melhor forma possível.

Aos colegas de trabalho da AGETO (Agência Tocantinense de Transporte e Obras), que sempre auxiliaram com informações e tirando dúvidas sobre assuntos técnicos no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos da faculdade que sempre estiveram presentes como irmãos, se esforçando e somando com boas ideias para que os objetivos da pesquisa fossem concretizados.

RESUMO

NASCIMENTO, Luciano Alves. **Análise das condições de segurança viária na rodovia TO-050 no trecho entre as cidades de Palmas e Porto Nacional**. 2017. 131p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017)

A realização dessa pesquisa teve como finalidade analisar as condições de segurança viária na rodovia TO-050, no trecho que liga as cidades de Palmas e Porto Nacional. Foram identificados os segmentos críticos em função das estatísticas de acidentes nesse trecho da rodovia com a aplicação do Método de Identificação de Segmentos Críticos (DNIT). Após essa identificação foram realizadas vistorias em 9 (nove) segmentos, cada um com 1 (um) km de extensão. Na verificação em campo foram observadas algumas características e atribuídas notas conforme uma planilha de inspeção do Método ISP (Índice de Segurança Potencial). Em campo foram registradas as principais situações referentes a segurança viária e uma busca por quais deficiências influenciavam nos riscos de acidentes em cada segmento. Para melhor visualização das condições de segurança foi apresentada uma escala de cores com a situação correspondente do segmento. Comparando as estatísticas de acidentes com as características dos segmentos estudados foi possível concluir que a maior quantidade de ocorrências estão relacionadas à outros fatores (fator humano ou veicular), pois as características da via possuem moderadas deficiências.

Palavras-chave: Segmento crítico; Segurança viária. Estatísticas de acidentes

ABSTRACT

NASCIMENTO, Luciano Alves. Analysis of road safety conditions on the TO-050 highway between the cities of Palmas and Porto Nacional. 2017. 131p. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017)

The purpose of this research was to analyze the road safety conditions on the TO-050 highway, in the stretch connecting the cities of Palmas and Porto Nacional. Critical segments were identified as a function of accident statistics on this section of the highway with the application of the Critical Segment Identification Method (DNIT). After this identification, surveys were carried out in 9 (nine) segments, each one (1) km long. In the field verification, some characteristics and notes were observed according to an ISP (Potential Safety Index) Method inspection sheet. In the field were registered the main situations related to road safety and a search for which deficiencies influenced the risk of accidents in each segment. For better visualization of the safety conditions a color scale was presented with the corresponding situation of the segment. Comparing accident statistics with the characteristics of the segments studied, it was possible to conclude that the greatest number of occurrences are related to other factors (human or vehicular factor), since the characteristics of the route have moderate deficiencies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contribuição dos principais fatores em acidentes de trânsito.....	19
Figura 2- Aspectos relacionadas ao fator veicular em acidentes de trânsito....	20
Figura 3.1 - Defesa metálica.....	23
Figura 3.2 - Defesa de concreto.....	23
Figura 4 - Condições do pavimento que ameaçam a segurança.....	24
Figura 5 - Relação entre frequência de acidentes e raio da curva.....	26
Figura 6 - Segmento com diferentes rampas em descida.....	27
Figura 7.1 - Combinação inadequada de alinhamentos.....	28
Figura 7.2 – Ilusão de raio em curvas.....	28
Figura 8 - Forças atuantes sobre o veículo em curva horizontal.....	29
Figura 9 – Índice de acidentes em função da largura da pista.....	31
Figura 10 – Largura da faixa de tráfego.....	31
Figura 11.1 – Problemas em dias de chuva.....	33
Figura 11.2 - Efeito de Hidroplanagem.....	33
Figura 12.1 - Elementos Refletivos.....	33
Figura 12.2 – Delineadores.....	33
Figura 13 – Sinalização Vertical incorreta.....	35
Figura 14.1 - Sinalização vertical de regulamentação.....	36
Figura 14.2- Sinalização vertical de advertência.....	36
Figura 14.3 - Sinalização vertical de indicação.....	36
Figura 15.1 - Vegetação realçando interseção.....	36
Figura 15.2 – Vegetação produzindo sensação de obstáculo	36
Figura 15.3 – Vegetação impedindo a visualização de sinalização vertical.....	37

Figura 16 - Severidade de Acidentes x velocidade.....	38
Figura 17 - Relação entre velocidade e visão periférica.....	38
Figura 18 - Representação esquemática do gerenciamento da segurança viária.....	39
Figura 19 - Utilização de dados para abordar a segurança viária como saúde pública.....	40
Figura 20 – Perfil de segurança dos segmentos de um trecho.....	48
Figura 21 – Perfil de segurança de um segmento em relação as macro-categorias.....	48
Figura 22 – Localização do trecho para o estudo.....	49
Figura 23: Escala de cores para categorização dos segmentos.....	
Figura 24: Escala de cores para categorização em amostras formadas por um segmento.....	51
Figura 25 – Amostras identificadas na segmentação do trecho.....	53
Figura 26 - Categorização dos segmentos no período dos anos 2013, 2014 e 2015.....	63
Figura 27- Alinhamento horizontal e vertical do km 21.....	64
Figura 28- Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 1: km 21.....	65
Figura 29 - Trincas Interligadas no pavimento.....	66
Figura 30 - Sinalização Horizontal desbotada.....	66
Figura 31 - Elementos refletivos no bordo da via.....	67
Figura 32 - Autdoors comerciais.....	67
Figura 33 - Placas com informações de serviços.....	67
Figura 34 - Largura do acostamento pavimentado.....	68
Figura 35 - Acostamento parcialmente pavimento.....	68
Figura 36 - Deformações no pavimento do acostamento.....	69
Figura 37 - Grande desnível entre área pavimenta e não pavimentada.....	69
Figura 38 - Placas de regulamentação e advertência.....	70
Figura 39- Alinhamento horizontal e vertical do km 22.....	72
Figura 40 - Curva Vertical 1.....	73

Figura 41 - Curva Vertical 2.....	74
Figura 42 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 2: km 22.....	74
Figura 43 - Sinalização vertical R-1 com boa visibilidade.....	75
Figura 44- Sinalização horizontal com visualização prejudicada.....	75
Figura 45 - Placa A-7a (Via lateral à esquerda) após a curva.....	75
Figura 46 - Poste próximo às margens da via.....	76
Figura 47 - Marcas de frenagem no pavimento.....	76
Figura 48: Alinhamento horizontal e vertical do km 25.....	78
Figura 49 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 3: km 25.....	79
Figura 50 - Vegetação prejudica um pouco a visualização.....	80
Figura 51 - Acostamento parcialmente pavimentado.....	81
Figura 52 - Trincas Interligadas no pavimento.....	81
Figura 53 - Remendos no pavimento.....	82
Figura 54 - Curva Vertical antecede curva horizontal.....	82
Figura 55 - Sinalização de advertência de curva.....	82
Figura 56 - Acesso à residência após curva vertical e próximo à curva horizontal.....	83
Figura 57 - Marcas de frenagem em curva no pavimento.....	85
Figura 58: Alinhamento horizontal e vertical do km 28.....	86
Figura 59 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 4: km 28.....	86
Figura 60 - Placas de regulamentação de velocidade R.19.6.....	87
Figura 61 - Placas de regulamentação R-7 “Proibido Ultrapassagem”	87
Figura 62 - Postes de Iluminação próximos ao Posto de fiscalização.....	88
Figura 63 - Placas de advertência sobre pesagem obrigatória para caminhões.....	88
Figura 64 - Placas de Advertência para ondulação transversal.....	90
Figura 65: Alinhamento horizontal e vertical do km 30.....	90
Figura 66- Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 4: km 28.....	91
Figura 67 - Pavimento em boas condições.....	91
Figura 68 - Rampa compromete pouco a visualização do condutor.....	92
Figura 69 - Grande desnível na área de acostamento.....	92
Figura 70 - Placa de regulamentação antes de curva vertical.....	93
Figura 71 - Marcas de frenagem no pavimento.....	93

Figura 72 - Ausência de elementos perigosos nas laterais da via.....	94
Figura 73: Alinhamento horizontal e vertical do km 35.....	96
Figura 74 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 6: km 35.....	97
Figura 75 - Pavimento em boas condições.....	97
Figura 76 - Ausência de elementos perigosos nas laterais da via.....	98
Figura 77 - Placas de regulamentação e Advertência.....	98
Figura 78 - Outdoors na curva e em acesso.....	99
Figura 79 - Acostamento parcialmente pavimentado.....	99
Figura 80 - Deformações no acostamento.....	100
Figura 81 - Curva horizontal no segmento.....	100
Figura 82: Alinhamento horizontal e vertical do km 38.....	102
Figura 83 - índice de Segurança Potencial do Segmento nº 7: km 38.....	103
Figura 84: Superfície do pavimento em boas condições.....	103
Figura 85: Sinalização horizontal visível.....	104
Figura 86: Elementos refletivos no bordo da pista de rolamento.....	104
Figura 87: Área livre de obstáculos às margens da rodovia.....	105
Figura 88: Alinhamento horizontal e vertical do km 40.....	107
Figura 89 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 8: km 40.....	108
Figura 90- Sinalização horizontal visível.....	108
Figura 91- Pavimento em boas condições.....	109
Figura 92 – Segmento sem restrições de visibilidade.....	109
Figura 93- Ausência de obstáculos nas laterais da via.....	110
Figura 94- Pequeno desnível entre acostamento e pista de rolamento.....	110
Figura 95: Alinhamento horizontal e vertical do km 45.....	112
Figura 96 - Índice de Segurança Potencial do Segmento nº 9: km 45.....	113
Figura 97 - Segmento reto e sem elementos perigosos nas laterais da via.....	114
Figura 98 - Remendos na superfície do pavimento.....	114
Figura 99 - Acesso à fazenda no km 45.....	114
Figura 100 - Sinalização de Advertência A-36-Animais Selvagens.....	115
Figura 101 - Eventuais espelhos d'água na superfície do pavimento.....	118
Figura 102- Categorização em função das estatísticas de acidentes	119
Figura 103 - Escala de cores representando as condições de segurança dos segmentos.....	120

Figura 104 - Escala de cores representando as condições de segurança dos segmentos.....	121
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Custo econômico dos acidentes em rodovias federais em 2014.....	16
Tabela 2 – Estatísticas de acidentes na rodovia BR-101/SC.....	21
Tabela 3 – Redução de acidentes em função do aumento da largura livre de obstáculos.....	25
Tabela 4 - Fator de modificação de acidentes em função da deficiência de superelevação em curvas horizontais.....	30
Tabela 5 - Código dos segmentos.....	41
Tabela 6 - Valores para coeficiente k.....	43
Tabela 7 – Intervalos para categorização dos segmentos.....	44
Tabela 8 - Notas conforme a condição para característica analisada.....	45
Tabela 9 - Macro-categoria para avaliação.....	46
Tabela 10 – Representação com cores da condição do segmento.....	47
Tabela 11 – Análise estatística de acidentes 2013 (TO-050)	57
Tabela 12 – Análise estatística de acidentes 2014 (TO-050)	59
Tabela 13 – Análise estatística de acidentes 2015 (TO-050)	61
Tabela 14 – ISP parcial do km 21 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	71
Tabela 15 – ISP parcial do km 22 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	77
Tabela 16 – ISP parcial do km 25 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	84

Tabela 17 – ISP parcial do km 28 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	89
Tabela 18 – ISP parcial do km 30 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	95
Tabela 19 – ISP parcial do km 35 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	101
Tabela 20 – ISP parcial do km 38 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	106
Tabela 21 – ISP parcial do km 40 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	111
Tabela 22 – ISP parcial do km 45 em função das atribuições de notas para as características observadas.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

(ASV)	Auditoria de Segurança Viária
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AGETO	Agência Tocantinense de Transporte e Obras
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FHWA	Federal Highway Administration
ISP	Índice de Segurança Potencial
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
OMS	Organização Mundial de Saúde

LISTA DE SÍMBOLOS

%	por cento
C	Espaço de segurança
E _j	Extensão do segmento
IC _j	Índice crítico anual de referência
k	coeficiente de ajuste estatístico
km	quilômetro
km/h	quilômetro por hora
L	Largura de faixa
m	metros
<i>m</i>	momento de tráfego
N _j	número de acidentes no seguimento no período de um ano
R	Raio de curva
U	Largura de veículo padrão
VMDa	Volume médio diário anual
λ	Índice crítico anual de um segmento
α	nível de significância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivos	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	17
1.2. Justificativa	17
1.3 Problema	18
1.4 Hipótese	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Fatores de Contribuição nas causas de acidentes em rodovias	19
2.1.1 Fator Humano	20
2.1.2 Fator Veicular	20
2.1.3 Fator Viário	21
2.2 Rodovias que Perdoam (<i>Forgiving Roadside</i>)	22
2.3 Segurança Viária x Características Físicas e Operacionais da via	22
2.3.1 Barreiras Longitudinais de Contenção	22
2.3.2 Condições do Pavimento	23
2.3.3 Condições do Entorno	24
2.3.4 Controle de Acessos	25
2.3.5 Alinhamento horizontal	26
2.3.6 Alinhamento vertical	27

2.3.7 Integração entre alinhamento vertical e horizontal	28
2.3.8 Distância de visibilidade	29
2.3.9 Superelevação	29
2.3.10 Superlargura.....	30
2.3.11 Largura de faixas.....	31
2.3.12 Influência dos Acostamentos.....	32
2.3.13 Influência da Drenagem	32
2.3.14 Dispositivos Auxiliares.....	33
2.3.15 Iluminação	34
2.3.16 Sinalização Horizontal	34
2.3.17 Sinalização Vertical	35
2.3.18 Influência da Vegetação	36
2.3.19 Efeito da Velocidade.....	37
2.4. Gerenciamento da Segurança em Rodovias.....	38
2.4.1 Auditoria de Segurança Viária (ASV)	39
2.4.2 Banco de Dados.....	40
2.4.3 Modelo para identificação de segmentos críticos (DNIT, 2009)	41
2.4.3.1 Parâmetros de cálculo para identificação dos segmentos críticos	42
2.4.3.2 Índice de acidentes do segmento- I_j	42
2.4.3.3 Índice crítico anual de referência – λ	42
2.4.3.4 Índice crítico anual de um segmento (IC_j):	43
2.4.4 Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária.....	44
3. METODOLOGIA.....	49
3.1 Identificação de segmentos críticos	49
3.1.1 Segmentação do trecho	49
3.1.2 Cálculo dos parâmetros para identificar os segmentos críticos.....	50
3.2 Inspeção dos segmentos.....	51
3.2.1 Aplicação do Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária nas vistorias.....	52
3.3 Investigação das deficiências que contribuem para os acidentes.....	52
3.4 Diagnóstico das condições de segurança em escala de cores	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1 Segmentos críticos identificados.....	53

4.2 Inspeção dos segmentos selecionados e investigação de deficiências.....	64
4.2.1 Avaliação do Segmento nº 01 - km 21.....	64
4.2.2 Avaliação do Segmento nº 02 - km 22.....	72
4.2.3 Avaliação do Segmento nº 03 - km 25.....	78
4.2.4 Avaliação do Segmento nº 04 - km 28.....	85
4.2.5 Avaliação do Segmento nº 05 - km 30.....	90
4.2.6 Avaliação do Segmento nº 06 - km 35.....	96
4.2.7 Avaliação do Segmento nº 07 - km 38.....	102
4.2.8 Avaliação do Segmento nº 08 - km 40.....	107
4.2.9 Avaliação do Segmento nº 09 - km 45.....	112
4.3 Diagnóstico das condições segurança em escala de cores.....	119
5.CONCLUSÕES.....	120
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
ANEXOS.....	121

1. INTRODUÇÃO

Em função dos enormes prejuízos decorrentes de acidentes de trânsito a segurança viária e os seus impactos é um assunto que tem preocupado a sociedade em contexto mundial. Eventos, estudos e campanhas são realizados em vários países com a finalidade de aumentar o potencial de segurança nas rodovias e minimizar os riscos para os seus usuários. Infelizmente, o Brasil se destaca nessa temática, não por causa da eficiência da segurança viária, mas pelo elevado quantitativo de acidentes em rodovias, ocupando uma posição à frente de muitos países por causa das estatísticas.

Os indicadores de segurança melhoraram com a aplicação da legislação de trânsito e o controle de velocidade nas vias urbanas e rurais. Porém, os números referentes aos acidentes mostram que existe uma deficiência muito grande no gerenciamento da segurança, pois a maioria das intervenções são ações reativas. As análises desses acontecimentos usando como referência conceitos e estudos de engenharia podem auxiliar de forma eficiente no planejamento de ações preventivas e priorização de trechos críticos.

Com a finalidade de reduzir essas estatísticas alarmantes, a OMS (Organização Mundial de Saúde) estabeleceu o plano de investir em políticas e campanhas declarando o período entre os anos de 2011 e 2020 como a Década de Ação pela Segurança no Trânsito. O não cumprimento dessas metas tem gerado muitos impactos negativos em aspectos sociais e econômicos. Sobre os custos gerados pela situação precária da segurança viária a Revista CNT TRANSPORTE ATUAL (2016), na Tabela 1, exemplifica os impactos econômicos decorrentes de acidentes em rodovias federais policiadas no ano de 2014.

Tabela 5- Custo econômico dos acidentes em rodovias federais em 2014

Custo Econômico dos Acidentes Rodoviários - 2014			
Tipo	Custo Médio (R\$)	Número de Acidentes	Custo Total dos Acidentes (R\$ bilhões)
Com fatalidade	R\$ 646.762,94	6.742	R\$ 4,36
Com vítimas	R\$ 90.182,71	62.458	R\$ 5,63
Sem vítimas	R\$ 23.062,97	99.963	R\$ 2,31
		169.163	R\$ 12,30

Fonte: REVISTA CNT TRANSPORTE ATUAL (2016)

Levando em consideração essa triste realidade é facilmente visível a importância da discussão sobre as questões de segurança viária, pois ela apresenta um grande impacto social. Os acidentes em rodovias resultantes de problemas de infraestrutura podem ser reduzidos se a segurança for tratada, não somente de maneira reativa por causa das estatísticas, mas principalmente de forma preventiva por meio de instrumentos de planejamento, como a Auditoria de Segurança Viária (ASV) com a finalidade de identificar trechos rodoviários que apresentam riscos para os seus usuários.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar as condições de segurança viária na rodovia TO-050, no trecho que liga as cidades de Palmas e Porto Nacional, com extensão de 39 km.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos dessa pesquisa estão elencados a seguir:

- ✓ Identificar os segmentos críticos na rodovia TO-050, entre o km 21 e km 60;
- ✓ Verificar e quantificar as condições atuais de segurança viária nos segmentos críticos selecionados nesse trecho da rodovia;
- ✓ Investigar quais deficiências do fator viário (características físicas e operacionais da via) influenciam para a ocorrência de acidentes nos segmentos críticos identificados;
- ✓ Apresentar em escala de cores um diagnóstico das condições de segurança nos segmentos estudados.

1.1. Justificativa

Os problemas relacionados à segurança no sistema rodoviário é um dos principais geradores de preocupação nos Órgãos da Administração Pública e na sociedade em geral, pois os prejuízos decorrentes dos acidentes de trânsito são alarmantes. No Estado do Tocantins, alguns trechos das rodovias requerem uma atenção privilegiada em função do elevado quantitativo de acidentes. Segundo a Divisão de Estatísticas de Acidentes de Trânsito da AGETO (Agência Tocantinense de Transportes e Obras), um segmento que se destaca nesse cenário é o trecho que liga a Capital do Estado à cidade de Porto Nacional. Os registros de acidentes nesse trecho da Rodovia TO-050 apresentam números significativos todos os anos, ficando evidente a necessidade de um diagnóstico que permita a visualização dos fatores contribuintes e a interação entre eles.

Esta realidade mostra a temática como digna de uma avaliação caracterizada por uma investigação da influência do fator viário nas estatísticas de

acidentes nesse trecho e por observações em dados que auxiliem na identificação de segmentos críticos para uma definição de prioridades. A compreensão de como a infraestrutura viária interage com o fator humano e veicular é um passo extremamente importante na proposição de alternativas de melhorias, para que assim o deslocamento de pessoas e mercadorias aconteça de forma segura e eficiente nas vias.

Os estudos relacionados à segurança viária se constituem uma ferramenta eficiente para a implantação de ações corretivas e preventivas nas rodovias, além de existir a possibilidade de se tornarem uma referência para atualização de normas e especificações referentes à Engenharia Rodoviária.

1.3 Problema

O desenvolvimento da pesquisa será baseado na resposta a seguinte questão: Qual a relação entre o fator viário (características físicas e operacionais da via) e as estatísticas de acidentes nesse segmento da rodovia TO-050?

1.4 Hipótese

Nos segmentos críticos da rodovia TO-050, entre as cidades de Palmas e Porto Nacional, os problemas referentes à infraestrutura rodoviária estão diretamente relacionados às causas de acidentes no trânsito e influenciam outras variáveis ligadas a essas ocorrências, como o fator humano e o veicular.

As principais deficiências nesses segmentos são: sinalização vertical e horizontal incorreta, precária ou inexistente; existência de um traçado com geometria inadequada; manifestações patológicas no pavimento e acessos clandestinos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fatores de Contribuição nas causas de acidentes em rodovias

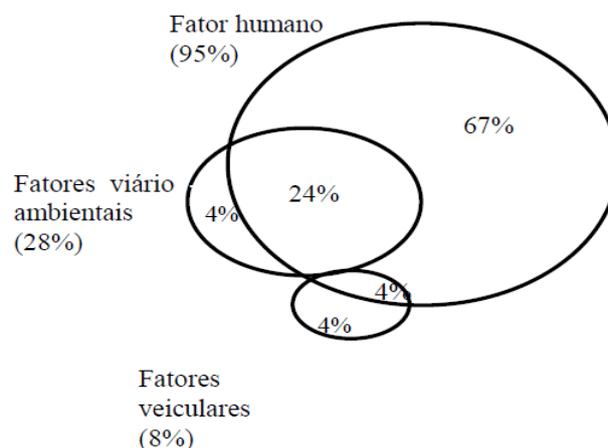
Um dos passos mais relevantes que permitem que ações preventivas possam ser desenvolvidas é o reconhecimento dos principais fatores que geram e influenciam nas causas de acidentes (CHAGAS et al., 2012).

De acordo com Hoel *et al.* (2011), a ocorrência de um acidente em rodovias representa um desafio para os investigadores de segurança viária. Segundo Ferraz et al. (2012) uma grande quantidade de acidentes em rodovias acontecem por uma combinação de fatores, sendo que alguns contribuem diretamente e outros com menor grau de influência. O risco de ocorrência de acidentes pode ser relacionado com os componentes físicos do sistema de tráfego, chamados de fatores determinantes. Entre os fatores que possuem maior destaque estão o:

- Fator humano;
- Fator veicular;
- Fator viário (via e entorno).

Conforme as observações de AUSTROADS (1994 *apud* SCHORF, 2010), a determinação de um principal fator que influencia para um acidente não é um processo fácil, pois existe uma complexidade na interação entre o usuário e a via. A Figura 1 apresenta a atribuição de um percentual de influência para os três principais fatores e a interação entre eles.

Figura 3 – Contribuição dos principais fatores em acidentes de trânsito



Fonte: AUSTROADS (1994 *apud* SCHORF, 2010)

2.1.1 Fator Humano

De acordo com Branco (1999) o comportamento humano é quase sempre predominante nos acidentes de trânsito. Segundo os comentários de Ferraz et al. (2012) os fatores humanos se referem as ações arriscadas, na condição de condutor ou pedestre, e como consequência desses comportamentos indevidos aliados com outros fatores ocorrem os acidentes. Em relação a contribuição do fator humano e sua interação com outros fatores, Chagas (2012) apresenta uma lista de ações ou circunstâncias relacionadas ao fator humano que influenciam nas causas de acidentes, sendo que os que mais se destacam são: atenção inadequada, cansaço, distração, aspectos emocionais, problemas de visão, uso de drogas ilícitas ou medicamentos, negligência e efeito do consumo de álcool.

2.1.2 Fator Veicular

Os fatores veiculares se referem aos riscos relacionados as características dos veículos ou às falhas na utilização e na manutenção deles (VIAS SEGURAS, 2014). De acordo com Ferraz et al. (2012) entre os principais fatores veiculares contribuintes para acidentes estão o farol desregulado, deficiência no freio e estouro de pneu. Em estudo sobre fatores os contribuintes de acidentes de trânsito Chagas (2012) cita alguns elementos referentes à contribuição do fator veicular na segurança viária e quem podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 4- Aspectos relacionadas ao fator veicular em acidentes de trânsito

Fator contribuinte veicular	Opções de resposta
Desgaste, defeito, quebra	Pneu; Roda; Freio; Direção; Suspensão; Transmissão; Motor; Exaustão; Portas/capô; Carroceria; Luzes (farol, sinalização, sinaleira traseira, luz de freio); Janelas/pára-brisa (vidro e limpador); Espelhos; Engate; Carga.

Fonte: CHAGAS (2012)

2.1.3 Fator Viário

De acordo com Rodrigues (2012) a condição de uma rodovia está diretamente ligada com as estatísticas e severidade de acidentes, pois as deficiências ou falhas resultam em problemas de segurança. Conforme comenta Ferraz et al. (2012) entre os fatores da via e meio ambiente podem ser citados as deficiências de projeto em relação à geometria da via, condições do pavimento, ausência de barreiras longitudinais de proteção, sinalização incorreta ou precária, péssimas condições de iluminação, falta de controle de acessos e velocidade, e ineficiência dos dispositivos de drenagem.

Para Menelau (2012) a falta de investimentos adequados na infraestrutura rodoviária no Brasil tem como consequência o crescimento nas estatísticas de acidentes nas rodovias, sendo que uma considerável parte desses números é atribuída ao mau estado de conservação das estradas. A Tabela 2 apresenta as estatísticas de acidentes na rodovia BR-101, no Estado de Santa Catarina, em uma extensão de 129 km, entre os anos de 1994 e 1999. No ano de 1997 ocorreu a restauração e duplicação do trecho. Comparando os valores acumulados de acidentes, feridos e vítimas fatais no período entre 1994 e 1996 e no período entre 1997 e 1999, verificamos um decréscimo considerável nas estatísticas nesse segmento rodoviário, mostrando os impactos positivos por meio da adequação da infraestrutura rodoviária (BALBO, 2007).

Tabela 6 – Estatísticas de acidentes na rodovia BR-101/SC

ANO	ACIDENTES	FERIDOS	VÍTIMAS FATAIS
1994	1.145	704	78
1995	1.282	759	108
1996	1.495	813	123
1997	1.440	728	85
1998	1.285	505	65
1999	1.169	494	42

Fonte: BALBO, (2007)

2.2 Rodovias que Perdoam (*Forgiving Roadside*)

Entre os diversos motivos que contribuem para a ocorrência de acidentes encontramos a insegurança referente às características físicas das rodovias que atua nos acréscimos das estatísticas (CNT TRANSPORTE ATUAL, 2016). O conceito de rodovias que perdoam (*forgiving roadside*) é fundamental na segurança viária, pois contempla as características da via que toleram os erros dos condutores (AASHTO, 2002 *apud* ANDRADE, 2011).

De acordo com Nodari (2003), o bom desempenho de um condutor de veículo depende da combinação das características físicas e operacionais da via. Se, eventualmente um motorista cometer um erro, a rodovia deve proporcionar condições de retorno antes de ocorrer o acidente, ou seja, perdoando a falha do condutor. Ainda que o acidente seja inevitável, a rodovia deve oferecer condições para que os resultados desses acidentes sejam atenuados.

Pesquisas mostraram que na Europa, 70% dos acidentes fatais ocorrem em função de problemas relacionados à infraestrutura rodoviária como único ou um dos motivos causadores (CNT TRANSPORTE ATUAL, 2016). Para Andrade (2011), o principal objetivo do conceito de *forgiving roadside* é ter uma rodovia segura, que diante de uma falha decorrente de fatores humanos ou mecânicos, proporcione um retorno à pista sem prejuízos ou com danos mínimos, tanto para os usuários, como também para os veículos e os elementos da rodovia.

2.3 Segurança Viária x Características Físicas e Operacionais da via

2.3.1 Barreiras Longitudinais de Contenção

As barreiras longitudinais de contenção são elementos que devem ser implantados nas bordas da pista em situação de perigo, para proteger veículos desgovernados e minimizar os efeitos dos impactos (DNIT, 2010). Geralmente esses elementos são metálicos ou de concreto, sendo que a eficiência deles depende de uma implantação adequada conforme orientações das normas

técnicas. A Figura 3.1 e Figura 3.2 mostram exemplos de defensas metálicas e defensas de concreto, respectivamente.

Figura 3.1 - Defesa metálica



Fonte: LISY DEFENSAS METÁLICAS (2016)

Figura 3.2 - Defesa de concreto



Fonte: CIMENTO ITAMBÉ (2016)

Sobre a importância das barreiras longitudinais de contenção na lateral da via Andrade (2011) comenta que esses dispositivos auxiliam os veículos oferecendo proteção em caso de choques com objetos fixos, queda em espaços vazios, como barrancos, e entrada em locais perigosos como lagos ou pântanos.

2.3.2 Condições do Pavimento

O pavimento de uma rodovia influencia na segurança viária em dois aspectos: estrutura e superfície. As condições da superfície do pavimento contribuem para a segurança viária quando ele apresenta boa resistência à derrapagem, por meio do coeficiente de atrito, principalmente em pista molhada (SAMPEDRO TAMAYO, 2010). De acordo com Balbo (2007) as boas condições da superfície do pavimento refletem na segurança viária, pois os acidentes de trânsito são minimizados, emanando resultados positivos para a sociedade. Quando o nível de atrito entre a superfície da via e os pneus são insuficientes é notável os índices de derrapagem, principalmente quando o pavimento se encontra molhado. Nos Estados Unidos foi realizado um estudo em mais de 800 interseções com aplicação

de um recapeamento de grande coeficiente de atrito, mostrando uma redução de acidentes de 31% (DNIT, 2010).

No que se refere a estrutura, as manifestações patológicas no pavimento como buracos, trincas, fissuras, irregularidades no pavimento influenciam na segurança viária, pois obrigam os condutores a realizar manobras e contribuem para a perda de controle do veículo. Um estudo na Austrália mostrou que 10% dos acidentes com caminhões ocorreram em função da perda de controle do veículo por causa de buracos no pavimento (OGDEN, 1996 *apud* NODARI, 2003). A Figura 4 mostra uma rodovia federal no Maranhão, em que as péssimas condições do pavimento contribuíram para a ocorrência de acidentes.

Figura 4 - Condições do pavimento que ameaçam a segurança



Fonte: G1 (2016)

2.3.3 Condições do Entorno

Conforme observações do DNIT (2010) obstáculos nas áreas marginais da rodovia, além de obstruir a visibilidade, podem causar grandes prejuízos se atingidos por um veículo. Um importante conceito de segurança em relação aos riscos em saídas de pista é o de Área Livre, ou seja, a área adjacente à pista, que proporcione ao veículo condições de segurança por meio de inclinações transversais adequadas minimizando o risco de capotagem e ausência de objetos

fixos, eliminado a ocorrência de choques contra esses obstáculos (ANDRADE, 2011). Estudos mostraram que o aumento da zona livre de obstáculos contribuiu na redução de acidentes, em retas e em curvas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 7 – Redução de acidentes em função do aumento da largura livre de obstáculos

AUMENTO DA LARGURA DA LIVRE DE OBSTÁCULOS (m)	REDUÇÃO DO NÚMERO DE ACIDENTES (%)	
	EM RETAS	EM CURVAS
1,50	13	9
2,40	21	14
3,00	25	17
3,60	29	19
5,00	35	23
5,60	44	29

Fonte: Adaptado de SAMPEDRO (2010)

2.3.4 Controle de Acessos

Os acessos são pontos onde os veículos entram na via ou saem dela, como as aberturas no canteiro central, as interseções e entradas e saídas públicas e residenciais (SAMPEDRO, 2010). Os pontos de acesso às rodovias são locais de perigoso iminente, pois vários acidentes ocorrem nesses pontos em que os veículos se cruzam com velocidades incompatíveis à regulamentada (DBA TECNOLOGIA, 2016).

O controle de acessos por meio de um monitoramento eficaz é um fator indispensável para a operação eficiente e segura de uma rodovia. Os riscos apresentados na operação de sistemas com grandes volumes de tráfego podem ser atenuados com a utilização do monitoramento de acessos, que é a prática de controle nesses locais que são, ou podem se tornar pontos de conflitos (DNIT, 2010).

Estudos comprovaram os benefícios produzidos por meio do controle de acessos, constatando uma redução significativa de acidentes nas estradas

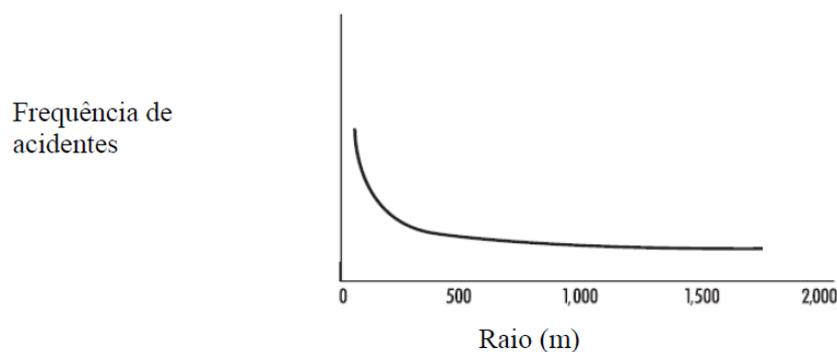
interestaduais norte-americanas, que depois de receberem a aplicação das medidas de controle registraram uma minoração de 30% a 76% nos índices de fatalidades (FHWA, 1970 *apud* DNIT, 2010). Estudos mais recentes também comprovam a interação entre o nível de controle de acessos e as taxas de acidentes em rodovias, mostrando uma atenuação entre 50% e 65% nos índices (NCHRP, 2007 *apud* SAMPEDRO, 2010).

2.3.5 Alinhamento horizontal

Como enfatiza Pontes Filho (1998) as características geométricas inadequadas influenciam consideravelmente nas causas de acidentes de tráfego, na redução da vida útil das estradas e baixa eficiência. Dessa maneira os diversos elementos geométricos devem ser escolhidos de maneira que a estrada possa atender os objetivos estabelecidos no projeto, incluindo as boas condições de segurança.

O alinhamento horizontal de uma rodovia é constituído por trechos em tangente, curvas circulares e em espiral. Comparando as estatísticas de acidentes em trechos em tangentes e em trechos em curva, estes apresentam índices na ordem de 1,5 a 4 vezes superiores. A Figura 5 mostra uma relação entre a frequência de acidentes em curvas e os raios da curva, onde é visualizado um acréscimo nos índices quando o raio é inferior a 400 m (DNIT, 2010).

Figura 5 - Relação entre frequência de acidentes e raio da curva



Fonte: DNIT (2010)

Em relação aos aspectos de tortuosidade a concordância de curvas com tangente deve atender as condições de segurança, pois tangentes de grande comprimento podem influenciar o condutor ao excesso de velocidade ou levar ao cansaço e sono. Por isso é recomendável que o projetista adote curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas (DNER, 1999).

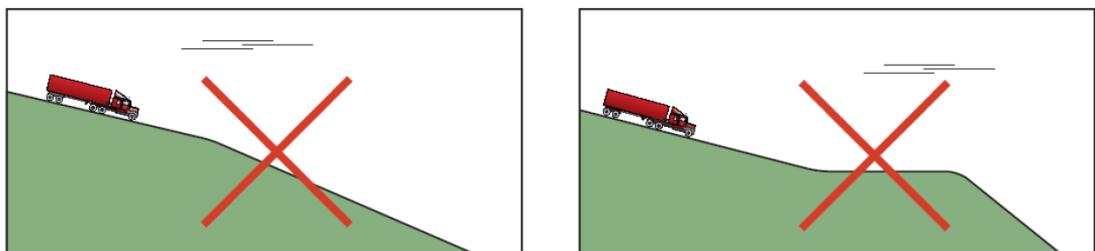
As curvas em espiral, também chamadas de curvas de transição ou clotóides, tem um importante papel na segurança no tráfego. Sobre esse aspecto Lamm *et al.* (1999 *apud* DNIT, 2010) comenta que as curvas em espiral aumenta o conforto do condutor, permitindo a diminuição da força centrífuga na entrada e saída de um veículo em uma curva, além de reduzir os conflitos laterais e tornar as velocidades mais uniformes. Estudos mostraram que a utilização de clotóides em projeto de rodovias com padrão elevado reduziram os índices de acidentes na ordem de 8% a 25% (COUNCIL, 1998 *apud* DNIT, 2010).

2.3.6 Alinhamento vertical

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004) a determinação das inclinações máximas de rampas depende de observações relacionadas ao comportamento dos veículos nas rampas visando à segurança. A principal deficiência resultante da mau projeção do alinhamento vertical é a redução da distância de visibilidade.

A quantidade e severidade de acidentes são maiores em descidas do que em subidas, quando ocorre o superaquecimento dos freios e o aumento das distâncias de frenagem, principalmente com veículos pesados. Estudos mostraram que a cada 1% de variação no greide, o acréscimo de acidentes é de 1,6% (DNIT, 2010). A Figura 6 mostra uma situação de perigo em greides formados por segmentos com diferentes rampas, pois motoristas não acostumados com o trecho são surpreendidos por grandes alterações na declividade das descidas.

Figura 6 - Segmento com diferentes rampas em descida



Fonte: DNIT (2010)

2.3.7 Integração entre alinhamento vertical e horizontal

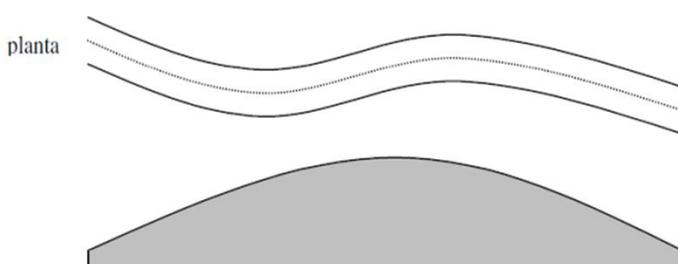
Sobre a combinação dos elementos geométricos da rodovia o DNER (1999) faz o seguinte comentário:

A coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical confere à rodovias superiores características de segurança, conforto de dirigir e de aparência. A falta dessa coordenação pode agravar eventuais deficiências do traçado ou do perfil, ou anular aspectos favoráveis de um ou outro, considerados isoladamente. (DNER, 1999, p. 134)

A combinação adequada entre o alinhamento vertical e horizontal é um aspecto indispensável para as boas condições de segurança viária, proporcionando visibilidade e eliminando situações de surpresas para os condutores. Um exemplo de situação de risco nesse contexto é quando após cristas de curvas verticais o condutor é surpreendido por curvas horizontais, cuja visualização é limitada pelas cristas das curvas verticais.

A Figura 7.1 apresenta uma situação perigosa resultante da combinação do alinhamento vertical com o horizontal, em que a mudança de direção na curva horizontal ocorre na crista da curvatura vertical. A combinação inadequada entre uma curva horizontal e vertical côncava pode gerar um ilusão de raio de curva, como mostra a Figura 7.2, onde o raio da curva horizontal aparentemente é maior que na realidade, gerando uma situação de perigo para o condutor.

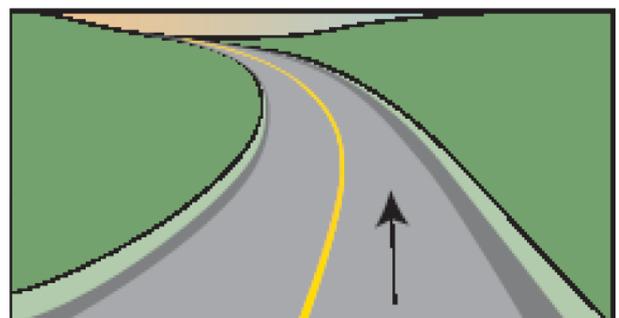
Figura 7.1 - Combinação inadequada de alinhamentos



Fonte: DNER (1999)

perfil

Figura 7.2 – Ilusão de raio em curvas



Fonte: DNIT (2010)

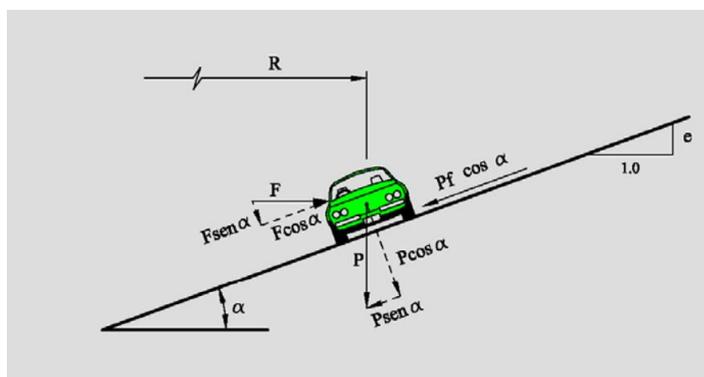
2.3.8 Distância de visibilidade

Sobre a relevância do campo visual no tráfego, Pimenta e Oliveira (1998) comenta que “a segurança de uma estrada está diretamente relacionada com a visibilidade que ela oferece. Quanto melhor forem as condições gerais de visibilidade, mais segura será a estrada.” Segundo Hoel et al, (2011) as duas principais distâncias relacionadas à segurança quanto ao campo visual são a distância de visibilidade de parada e de ultrapassagem. Pontes Filho (1998) define distância de visibilidade de parada como a distância mínima necessária para que um veículo consiga parar sem atingir um obstáculo no seu percurso e a distância de visibilidade de ultrapassagem é distância que permite um condutor realizar uma manobra de ultrapassagem em condições de conforto e segurança.

2.3.9 Superelevação

Conforme Pimenta e Oliveira (2004) a superelevação é a inclinação transversal da pista, que gera uma componente do peso do veículo na direção do centro da curva, contribuindo com a força de atrito para produção da força centrípeta, que auxilia a trajetória do veículo na curva em condições de segurança. A Figura 8 mostra as forças que atuam em um veículo em curva horizontal com superelevação.

Figura 8 - Forças atuantes sobre o veículo em curva horizontal



Fonte: DNIT (2005)

Estudos verificaram que a melhoria da superelevação pode minimizar as estatísticas de acidentes em 5% até 10% (Zeeger, *et al*, 1992, apud, DNIT, 2010). Quando a superelevação é excessiva ou quando o seu valor é incompatível em relação às recomendações técnicas, a sua contribuição se torna contra a segurança dos usuários. A Tabela 4 mostra como a deficiência na superelevação atua no acréscimo de acidentes.

Tabela 8 - Fator de modificação de acidentes em função da deficiência de superelevação em curvas horizontais.

Deficiência na superelevação	Fator de modificação de acidentes
0	1,00
1%	1,00
2%	1,06
3%	1,09
4%	1,12

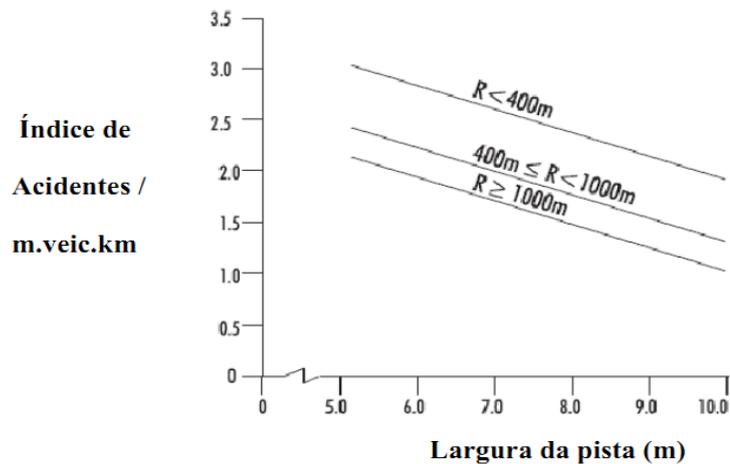
Fonte: (FHWA, 2000 apud NODARI, 2003).

Levando em consideração uma curva horizontal com superelevação real de 3%, sendo o valor recomendado de acordo com as normas de 5%. Nesse caso a diferença entre os dois percentuais, que é a própria deficiência na superelevação, é de 2%. Portanto, de acordo com os valores da tabela, o fator de modificação é de 1,06, ou seja, nessa curva a tendência de ocorrência dos acidentes será 6% maior em relação a superelevação recomendada.

2.3.10 Superlargura

De acordo com Pontes Filho (1998) a superlargura é o acréscimo de largura nas curvas para acomodar todo veículo, principalmente aqueles com grandes dimensões, como os de carga. Alguns estudos mostraram a influência da superlargura na segurança viária. A Figura 9 apresenta a redução de acidentes em função do aumento da largura da pista em curvas. O comportamento do gráfico apresenta os índices de acidentes como inversamente proporcional a largura da pista.

Figura 9 – Índice de acidentes em função da largura da pista



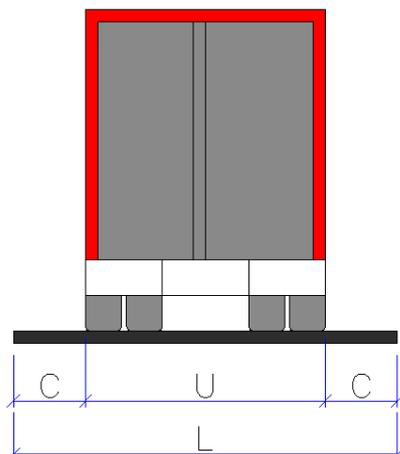
Fonte: DNIT (2010)

2.3.11 Largura de faixas

A largura de faixas de tráfego influencia na operação eficiente e segura do tráfego, pois se relaciona com a capacidade da via de acomodar maior volume de tráfego. As faixas mais largas aumentam a separação entre veículos que circulam em faixas adjacentes, além de proporcionar um espaço maior para corrigir manobras (SAMPEDRO, 2010).

De acordo com Pimenta e Oliveira (2004) a largura de cada faixa (L), que é formada pela largura do veículo-padrão (U) somada com os espaços de segurança (C), tem um elevado grau de influência na segurança e no conforto dos veículos. A Figura 10 mostra esses parâmetros constituintes da largura da faixa de tráfego.

Figura 10 – Largura da faixa de tráfego



L = LARGURA DA FAIXA DE TRÁFEGO

U = LARGURA DO VEÍCULO PADRÃO

C = ESPAÇO DE SEGURANÇA

$L = U + 2C$

Fonte: Adaptado de Pontes Filho (2004)

2.3.12 Influência dos Acostamentos

Conforme os conceitos apresentados pelo DNER (1999), o acostamento é a área da plataforma adjacente a pista de rolamento e tem como função servir como local de parada, protege a estrutura do pavimento, além funcionar como faixa extra para emergências.

Sobre os benefícios dos acostamentos Pimenta e Oliveira (2004) destaca que esse espaço é indispensável em rodovias com grande volume de tráfego, pois cria uma área para que as faixas de tráfego fiquem livres, além de servir como área de escape para veículos desgovernados e assim minimizar os efeitos dos acidentes.

2.3.13 Influência da Drenagem

Para CARRION (2000) o atrito de uma pista em condições molhadas é consideravelmente menor quando comparado com a pista seca, aumentando a probabilidades de acidentes por derrapagens, devido a falta de expulsão total da água entre o pneu e o pavimento, principalmente quando os veículos transitam em alta velocidade.

Quando não existe eficiência nos dispositivos de drenagem ou ausência deles, o funcionamento da via também é prejudicado, como é mostrado na Figura 11.1. Em função do acúmulo excessivo de água na superfície do pavimento transtornos podem ser gerados, pois ocorre a diminuição da visibilidade e o efeito de hidroplanagem, ou seja, quando os pneus não conseguem a aderência necessária à segurança no contato com o pavimento. A Figura 11.2 mostra o efeito de hidroplanagem. Com a redução do atrito o condutor pode perder o controle do veículo e ocasionar acidentes (SAMPEDRO).

Figura 11.1 – Problemas em dias de chuva

Fonte: G1 (2016)

Figura 11.2 - Efeito de Hidroplanagem

Fonte: BLOG DA ALE (2016)
<https://www.blogdaale.com.br/10090/>

2.3.14 Dispositivos Auxiliares

De acordo com Sampedro (2010) os dispositivos auxiliares são elementos que tornam a operação da via mais eficiente e segura. Esses elementos podem ser fixados na superfície do pavimento, ou junto à via, oferecendo maior visualização da sinalização, do alinhamento da rodovia, além de alertar situações de perigo para os condutores, principalmente no período noturno.

Entre os principais dispositivos auxiliares podem ser citados os delineadores (Figura 12.1) e aqueles aplicados no pavimento como as tachas e tachões (Figura 12.2).

Figura 12.1 - Elementos Refletivos

Fonte: <http://www.transitoweb.com.br>

Figura 12.2 - Delineadores

Fonte: <http://www.cepllass.com>

2.3.15 Iluminação

Para Sampedro (2010), o alto índice de severidade é uma característica notável dos acidentes que ocorrem no período noturno. É muito importante levar em consideração que nem sempre esses acidentes estão relacionados aos fatores fisiológicos do ser humano, como o cansaço, o sono ou o efeito de medicamentos. É necessário avaliar que a falta ou condições inadequadas de iluminação em uma rodovia geram acréscimos nos problemas referentes à segurança viária, pois a consequência é uma diminuição do campo de visibilidade, principalmente em acessos e interseções.

Estudos mostraram que a redução de acidentes em interseções com três aproximações foi superior a 50%, e em interseções com quatro aproximações foi da ordem de 11% (KUMALA 1994, apud NODARI, 2003). Porém, é necessário atentar para a instalação de dispositivos de iluminação de forma adequada, que não ofereça riscos de acidentes para veículos desgovernados, como o caso de postes.

2.3.16 Sinalização Horizontal

De acordo com Branco (1999) a maior quantidade de informações recebidas por um condutor durante o percurso por um trecho rodoviário são de natureza visual, sendo que aquelas localizadas no pavimento, para onde ele direciona a sua atenção continuamente, são percebidas com maior rapidez.

A sinalização horizontal é um componente do conjunto de sinalização viária, sendo constituída por marcas, símbolos e legendas aplicados no pavimento da pista, com a finalidade de fornecer informações que aumentam a segurança do trânsito, sendo complementar a sinalização vertical, ordenam o fluxo de tráfego, canalizam e orientam os usuários, permitindo sua percepção, entendimento e comportamento adequado (CONTRAN, 2007).

2.3.17 Sinalização Vertical

De acordo com o Manual do CONTRAN (2007) a sinalização vertical e sua função podem ser definidas como:

um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais apostos sobre placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente ou, eventualmente, variável, mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas. A sinalização vertical tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos usuários das vias adotar comportamentos adequados, de modo a aumentar a segurança, ordenar os fluxos de tráfego e orientar os usuários da via. (CONTRAN, 2007, p. 21)

Para que a sinalização vertical seja eficiente na segurança viária deve ser bem visível, consistente, apresentar mensagens claras e sem ambiguidades, para que o comportamento dos usuários não seja incompatível com a solicitação do ambiente viário (DNIT, 2010). A Figura 13 mostra uma situação em que a sinalização vertical gera riscos de acidentes, pois a direção da curva na placa de advertência é contrária à realidade.

Figura 13 – Sinalização Vertical incorreta



Fonte: G1 (2014)

As placas podem ser de regulamentação, advertência ou indicação. A Figura 14.1 mostra um exemplo de placa de sinalização vertical que regulamenta o limite máximo de velocidade que um veículo pode desenvolver em um trecho da via. A Figura 14.2 apresenta um exemplo de sinalização vertical de advertência que alerta

o condutor sobre uma sequência de curvas com uma pista sinuosa. A Figura 14.3 mostra um exemplo de sinalização indicativa que informa os condutores sobre o percurso de duas cidades (CONTRAN, 2007).

Figura 14.1 - Sinalização vertical de regulamentação



Fonte: DNIT (2010)

Figura 14.2- Sinalização vertical de advertência



Fonte: DNIT (2010)

Figura 14.3 - Sinalização vertical de indicação



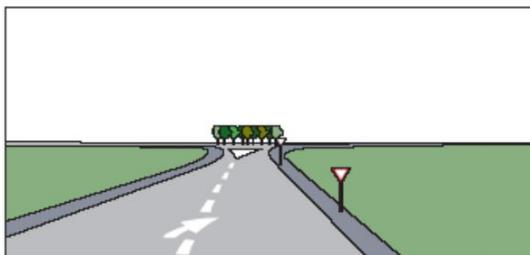
Fonte: DNIT (2010)

De acordo com Ogden (1996 *apud* Nodari, 2003) um estudo sobre sinalização vertical mostrou que uso adequado de placas proporcionou uma atenuação na ordem de 20 a 60% na ocorrência de diversos tipos de acidentes.

2.3.18 Influência da Vegetação

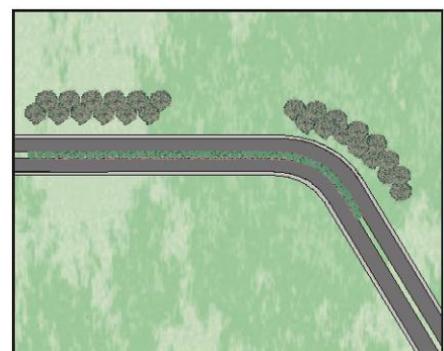
A vegetação tem aspectos positivos e negativos na segurança viária. A sua utilização em taludes de corte e aterro auxilia contra o processo erosivo, além de contribuir para realçar interseções, conforme mostra a Figura 15.1, e auxilia na redução da velocidade em curvas acentuadas promovendo a sensação de um obstáculo na rodovia como pode ser visualizado na Figura 15.2.

Figura 15.1 - Vegetação realçando interseção



Fonte: DNIT (2010)

Figura 15.2 – Vegetação produzindo sensação de obstáculo



Fonte: DNIT (2001)

A vegetação pode influenciar de forma contrária à segurança quando se torna um obstáculo que limita a visibilidade dos condutores, e quando se torna um obstáculo que em caso de saídas de pista aumentam a gravidade desses acidentes. Nesse caso, as árvores, arbustos ou capim alto, como na figura 15.3 que restringem o campo visual devem ser acompanhados por vistorias periódicas e removidos (DNIT, 2010).

Figura 15.3 – Vegetação impedindo a visualização de sinalização vertical

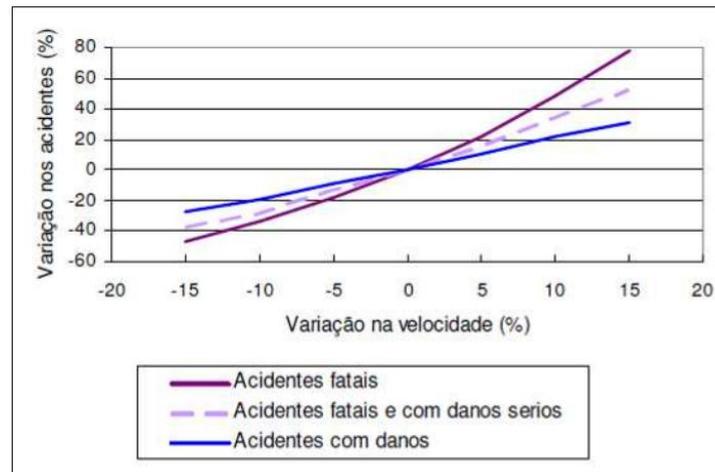


Fonte: [HTTP://www.jornalterceiravia.com.br/](http://www.jornalterceiravia.com.br/)

2.3.19 Efeito da Velocidade

O efeito da velocidade na segurança viária está relacionado com as consequências dos impactos, campo visual e tempo de percepção. Conforme destaca Rodrigues (2012) a velocidade regulamentada pode ser usada para controlar a quantidade de energia liberada em uma colisão. Sobre a relação entre a velocidade e a severidade dos acidentes a Figura 16 mostra que essas duas variáveis são diretamente proporcionais, pois a liberação de energia cinética é função da velocidade do veículo.

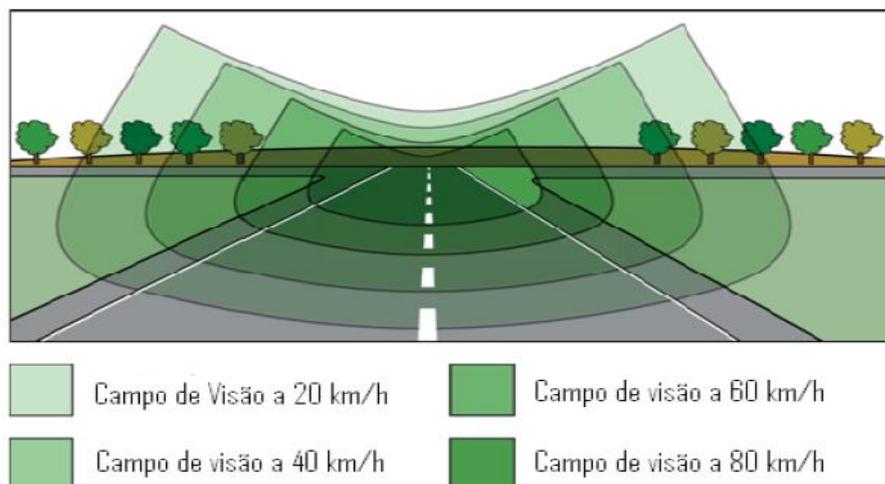
Figura 16 - Severidade de Acidentes x velocidade



Fonte: SAMPEDRO (2010)

A velocidade de um veículo se relaciona com o estreitamento do campo de visão do condutor. Conforme mostra a Figura 17, quanto maior a velocidade, mais estreito é o campo de visão.

Figura 17 - Relação entre velocidade e visão periférica



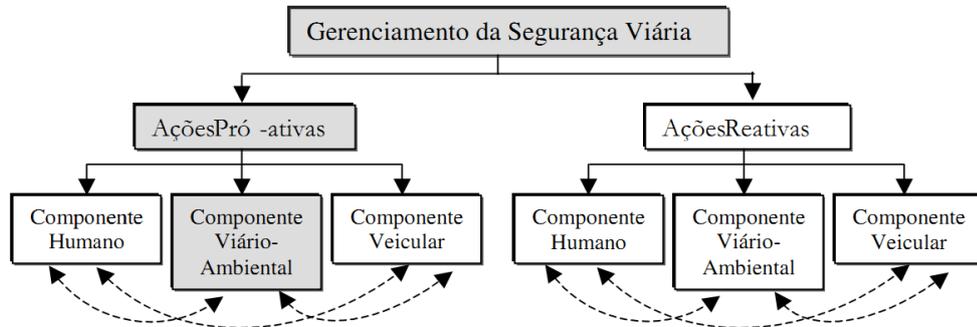
Fonte: DNIT (2010)

2.4. Gerenciamento da Segurança em Rodovias

Para Nodari (2003) um programa abrangente de gerenciamento de segurança viária é a maneira mais eficiente de tratar os problemas de acidentes em rodovias. O gerenciamento da segurança viária é classificado segundo dois tipos

de intervenções, ou seja, ações pró-ativas e ações reativas, conforme está representado na Figura 18.

Figura 18 - Representação esquemática do gerenciamento da segurança viária



Fonte: (NODARI, 2003)

As ações reativas são aquelas baseadas em banco de dados de acidentes, com a finalidade de identificar segmentos ou pontos críticos. A predominância de intervenções no fator viário tem sido de medidas reativas, pois são incentivadas pela ocorrência de acidentes em função de falhas na infraestrutura rodoviária (SCHOPF, 2006). As ações pró-ativas são aquelas com o objetivo de proporcionar melhores condições de segurança no sistema viário para evitar acidentes, não sendo necessariamente fundamentadas em histórico de estatísticas de ocorrências nos locais em estudo. Uma atividade preventiva que se destaca, sendo utilizada para melhorar a segurança em rodovias é a auditoria de segurança viária (NODARI, 2003).

2.4.1 Auditoria de Segurança Viária (ASV)

Em relação ao conceito de Auditoria de Segurança Viária, Ferraz et al. (2012) apresenta o seguinte conceito:

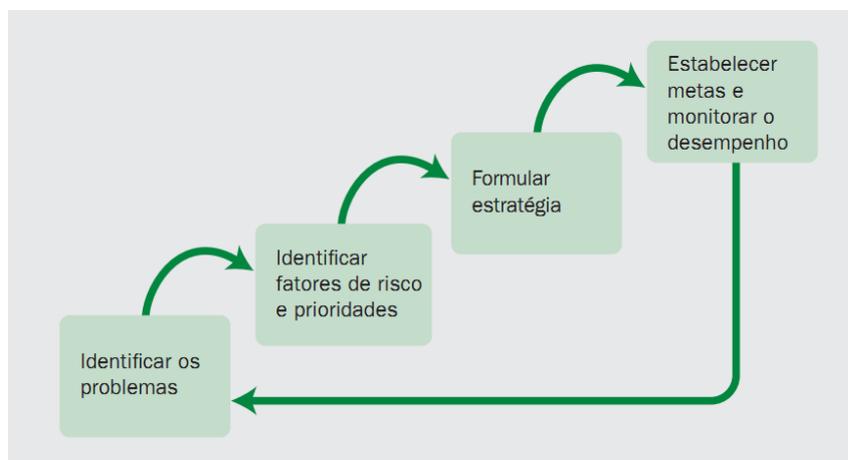
A denominação Auditoria de Segurança Viária (ASV) é empregada para designar a análise formal, do ponto de vista da segurança no trânsito, de uma via, elemento viário ou esquema de circulação, existente ou projetado, por uma equipe de examinadores qualificados e independentes. A auditoria pode ser empregada para analisar desde o caso simples de uma interseção em nível, até sistemas viários complexos envolvendo vias e interseções, passando pela análise de sistemas de sinalização, esquemas de circulação do trânsito, etc (FERRAZ et al, 2012).

De acordo com NODARI e LINDAU (2003), o foco da Auditoria de Segurança Viária (ASV) é a redução da probabilidade de acidentes de trânsito através da realização de vistorias periódicas. No que se refere a importância dessa ação preventiva, Neto e Wisman (1999) enfatiza que a Auditoria de Segurança Viária “é uma atividade que visa identificar o potencial de acidentes em um local que sofrerá alguma modificação viária de porte. No Brasil, sua prática é incipiente.” Conforme comenta Rodrigues (2010), a utilização dessa técnica é uma ferramenta muito útil, pois possibilita a visualização e minimização dos problemas de segurança no modal rodoviário.

2.4.2 Banco de Dados

As estatísticas de acidentes são indicadores do grau de segurança de uma rodovia, pois fornecem números que funcionam como informações dos riscos em determinados segmentos rodoviários (DNIT, 2010). Um dos grandes obstáculos encontrados nos estudos de segurança viária é a falta de confiabilidade nos dados e escassez de informações necessárias (SALVADOR; GOLDNER, 2005). Sobre a importância dos sistemas de dados para a segurança viária, a OMS (2012), na Figura 19, destaca as ações resultantes da utilização de dados confiáveis na identificação e tratamento dos problemas de acidentes de trânsito.

Figura 19 - Utilização de dados para abordar a segurança viária como saúde pública



Fonte: OMS (2012)

As entidades envolvidas na operação e policiamento das rodovias, como a Polícia Rodoviária Federal, DNIT, Polícia Rodoviária Estadual, Departamentos de Estradas de Rodagem e operadoras, alimentam a base de dados pelos registros de boletim de ocorrências de acidentes. A evolução desejável é que esses registros tenham uma estrutura padronizada e possam ser aproveitados com maior facilidade para identificar os tipos e as causas de acidentes, os segmentos críticos e a melhor solução para as deficiências contribuintes para essas estatísticas (VIAS SEGURAS, 2014).

2.4.3 Modelo para identificação de segmentos críticos (DNIT, 2009)

Esse método utiliza as estatísticas para identificar segmentos críticos. A primeira etapa do procedimento é a segmentação da rodovia por meio de um tratamento de homogeneização. Essa divisão do trecho em segmentos depende da característica da pista (simples ou dupla), do uso do solo lindeiro (urbano ou rural) e do perfil da rodovia (plano, ondulado ou montanhoso). A Tabela 5 mostra os códigos gerados através do agrupamento dos segmentos do trecho (DNIT, 2009).

Tabela 5 - Código dos segmentos

CÓDIGO	CARACTERÍSTICA DA PISTA	USO DO SOLO LINDEIRO	PERFIL DA RODOVIA
SUP	SIMPLES	URBANO	PLANO
SUO	SIMPLES	URBANO	ONDULADO
SUM	SIMPLES	URBANO	MONTANHOSO
SRP	SIMPLES	RURAL	PLANO
SRO	SIMPLES	RURAL	ONDULADO
SRM	SIMPLES	RURAL	MONTANHOSO
DUP	DUPLA	URBANO	PLANO
DUO	DUPLA	URBANO	ONDULADO
DUM	DUPLA	URBANO	MONTANHOSO
DRP	DUPLA	RURAL	PLANO
DRO	DUPLA	RURAL	ONDULADO
DRM	DUPLA	RURAL	MONTANHOSO

Fonte: DNIT (2009)

Como um segmento pode ser formado com rampas de diferentes inclinações, a classificação quanto ao perfil da rodovia é identificando considerando

o módulo da média ponderada das rampas ao longo daquele segmento do trecho: Plano (P) para rampas com inclinação até 2%, Ondulado (O) quando a inclinação das rampas não ultrapassa 4% e Montanhoso (M) para rampas com inclinação superior a 4%.

2.4.3.1 Parâmetros de cálculo para identificação dos segmentos críticos

As duas principais variáveis para identificação dos segmentos críticos são: quantidade de acidentes no período de um ano e o Volume Médio Diário Anual (VMDa), que corresponde o valor médio dos volumes diários no período de um ano naquele trecho da rodovia.

2.4.3.2 Índice de acidentes do segmento- I_j

O índice de acidentes referente ao segmento j , é dado pela **Equação 1**:

$$I_j = \frac{10^6 \times N_j}{365(VMDa)_j E_j} \quad (1)$$

Onde:

N_j : número de acidentes no seguimento no periodo de um ano;

E_j = extensão do segmento j ;

VMDa= volume médio diário anual no segmento j .

2.4.3.3 Índice crítico anual de referência – λ

Considerando os segmentos com a mesma classificação (SRP, DUO, SUP, etc.), esses são agrupados formando amostras para a determinação do Índice Crítico Anual de Referência, que representa a probabilidade de ocorrer um acidente naquele conjunto de segmentos (amostra), calculado por meio da **Equação 2**:

$$\lambda_c = \frac{\sum_j N_j \times 10^6}{365 \sum_j (VMDa)_j E_j} \quad (2)$$

2.4.3.4 Índice crítico anual de um segmento (IC_j):

Esse índice também representa a probabilidade de acontecer um acidente naquele conjunto de segmentos (amostra). A fórmula anterior recebe o acréscimo de coeficientes estatísticos, resultando na **Equação 3**:

$$IC_j = \lambda + k \sqrt{\frac{\lambda}{m} - \frac{0,5}{m}} \quad (3)$$

Onde:

m é o Momento de Tráfego no segmento calculada pela equação:

$$m = VDMA_j \times E_j \times \Delta t \times 10^{-6} \quad (4)$$

O coeficiente k está relacionado com o nível de confiança, levando em consideração a probabilidade de rejeitar um segmento inicialmente não considerado como crítico por meio do nível de significância (α) conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Valores para coeficiente k

α	k
0,100 = 10,0%	1,282
0,050 = 5,0%	1,645
0,010 = 1,0%	2,330
0,005 = 0,5%	2,576
0,001 = 0,1%	3,000

Fonte: DNIT 2009

Na aplicação desse método são adotados três níveis de significância (α): 10%, 5% e 0,5%. Dessa maneira são definidos intervalos para categorização dos segmentos conforme a Tabela 7. Se o Índice de acidentes do segmento (I_j) for superior ou igual ao índice crítico anual de referência (IC_j) da amostra que ele pertence, o segmento é considerado como crítico.

Tabela 7 – Intervalos para categorização dos segmentos

<u>Intervalos entre graus de confiança (1 – α)</u>	<u>Categorização</u>
$I_j < (IC)_j_{1-0,10}$	Segmento não é Crítico
$(IC)_j_{1-0,10} < I_j < (IC)_j_{1-0,05}$	Segmento Crítico (levemente significativo)
$(IC)_j_{1-0,05} < I_j < (IC)_j_{1-0,005}$	Segmento Crítico (significativo)
$I_j > (IC)_j_{1-0,005}$	Segmento Crítico (altamente significativo)

Fonte: DNIT (2009)

2.4.4 Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária

Esse método foi desenvolvido por NODARI (2003) com o objetivo de analisar a segurança potencial de segmentos em rodovias rurais de pista simples por meio do Índice de Segurança Potencial (ISP). No desenvolvimento do método foram listadas as características físicas da via que contribuem na segurança viária, levando em consideração à realidade brasileira. Por meio da aplicação de um questionário, vários profissionais brasileiros e estrangeiros com grande experiência na área atribuíram pesos a cada uma dessas características levando em consideração o grau de influência dessa característica na segurança viária. Essas características foram agrupadas em nove macro-categorias, sendo que em seguida os pesos foram consolidados, e assim calculado o peso relativo de cada característica das macro-categorias.

A seguir estão apresentados as macro-categorias, as suas características e seus respectivos pesos:

- Superfície do Pavimento: buracos na pista (**0,198**), resistência à derrapagem (**0,211**), formação de espelhos d' água (**0,217**), cascalho solto (**0,189**) e desnível entre faixa e acostamento (**0,184**).
- Curvas: suavização de curvas horizontais (**0,194**), adoção de superlargura e superelevação (**0,194**), tortuosidade (**0,184**) e combinação entre alinhamento vertical e horizontal (**0,216**).

- Interseções: faixas adicionais e canalizações (**0,519**), e iluminação artificial (**0,481**).
- Sinalização vertical e horizontal: linhas demarcadoras das faixas de rolamento (**0,176**), uso de tachas refletivas nas linhas (**0,165**), credibilidade da sinalização (**0,172**), quantidade adequada de placas (**0,162**), uso de balizadores (**0,163**), legibilidade e visibilidade da sinalização vertical (**0,163**).
- Elementos longitudinais: suavização de rampas (**0,283**), oportunidades de ultrapassagem (**0,342**) e distâncias de visibilidade (**0,375**).
- Elementos da seção transversal: largura das faixas e acostamentos (**0,278**), pavimentação dos acostamentos (**0,247**), taludes laterais suaves (**0,222**), largura da faixa e acostamentos em pontes (**0,252**).
- Usuários vulneráveis: tráfego de ciclistas/pedestres (**0,489**) e travessias (**0,511**).
- Laterais da via: presença de elementos perigos na lateral da via (**0,343**), acessos à propriedade e comércio lindeiro (**0,332**), localização e layout de pontos de ônibus (**0,325**).
- Elementos gerais: quantidade de outdoors comerciais (**0,203**), transição entre ambiente rural/urbano (**0,259**), compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz (**0,270**), proteção contra a invasão de animais de grande porte (**0,268**).

Na investigação em campo é atribuído uma nota conforme a condição da característica que está sendo analisada como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 - Notas conforme a condição para característica analisada

	Condições em campo da característica em análise	NOTA
Nível 1	Não existe o “problema” descrito	10
Nível 2	Existe uma quantidade pequena do “problema” descrito	7
Nível 3	Existe uma quantidade moderada do “problema” descrito	3
Nível 4	Existe uma grande quantidade do “problema” descrito	1

Fonte: NODARI (2003)

O cálculo do ISP parcial referente ao segmento é calculado pela **Equação 5**:

$$ISP_{\text{parcial / segm}} = \sum_{i=1}^m (p_i \times n_i) \quad (5)$$

Nessa equação:

ISP_{parcial/segmento} – Índice de segurança Potencial parcial de um segmento correspondente a cada uma das 9 macro-categorias);

p_i - peso referente da característica i em cada macro-categoria;

n_i - nota da característica i verificada na vistoria de campo;

i – característica inserida na macro-categoria.

A obtenção do ISP global referente ao segmento é feito com a consolidação dos nove ISP por meio da média geométrica, ou seja, realizando a multiplicação dos nove índices encontrados com a aplicação da equação anterior e em seguida extrair a raiz com índice igual ao número de fatores, conforme **Equação 6**:

$$ISP_{\text{global / segm}} = \sqrt[9]{ISP_{\text{sup}} \times ISP_{\text{cur}} \times ISP_{\text{int}} \times ISP_{\text{sin}} \times ISP_{\text{lon}} \times ISP_{\text{tran}} \times ISP_{\text{vul}} \times ISP_{\text{lat}} \times ISP_{\text{el.g}}} \quad (6)$$

Cada variável na raiz da equação acima corresponde ao índice de segurança potencial parcial indicados na Tabela 9.

Tabela 9 - Macro-categoria para avaliação

ISP _{parcial/segm}	Macro-categoria avaliada pelo ISP _{parcial/segm}
ISP _{sup.}	Superfície do pavimento
ISP _{cur.}	Curvas
ISP _{int.}	Interseções
ISP _{sin.}	Sinalização vertical e horizontal
ISP _{lon.}	Elementos longitudinais
ISP _{tran.}	Elementos da seção transversal
ISP _{vul.}	Usuários vulneráveis
ISP _{lat.}	Laterais da via
ISP _{el.g.}	Elementos gerais

Fonte: NODARI (2003)

O ISP global referente ao trecho total ou a um determinado trecho formado por n segmentos também pode ser avaliado por meio da **Equação 7**:

$$ISP_{trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{segm}} \quad (7)$$

Onde:

ISP_{trecho} – Índice de segurança potencial do trecho avaliado (composto por n segmentos);

ISP_{segm} – índice de segurança potencial dos segmentos que compõem o trecho avaliado;

n – número de segmentos que compõem o trecho avaliado.

Considerando o valor do ISP em cada segmento geral é atribuída uma escala de cores que classifica a segurança em função da condição correspondente como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Representação com cores da condição do segmento

VALOR DO ISP	Condição correspondente do segmento	Cor correspondente
$1 < ISP < 3$	Potencialmente muito inseguro	PRETO
$3 < ISP < 5$	Potencialmente inseguro	VERMELHO
$5 < ISP < 7$	Potencialmente razoavelmente	LARANJA
$7 < ISP < 9$	Potencialmente seguro	AMARELO
$9 < ISP < 10$	Potencialmente muito seguro	BRANCO

Fonte: NODARI (2003)

A Figura 20 apresenta o exemplo da aplicação dessa escala conforme os valores do ISP encontrado no processo de cálculo. A Figura 21 exemplifica como pode ser visualizado as condições do segmento em relação ao ISP parcial referente a cada uma das macro-categorias, mostrando na ultima coluna o valor do ISP global desse segmento e a sua cor correspondente, que é obtido pela média geométrica dos valores das macro-categorias.

Figura 20 – Perfil de segurança dos segmentos de um trecho

SEGMENTO	km 5	km 10	km 13	km 20	km 22
NOTAS	2,75	9,13	4,36	5,53	8,12
COR					

Fonte: Adaptado de NODARI (2003)

Figura 21 – Perfil de segurança de um segmento em relação as macro- categorias

MACRO-CATEGORIA AVALIADA	ISP parcial do km 20									ISP global
	Superfície do Pavimento	Curvas	Interseções	Sinalização vertical e horizontal	Elementos longitudinais	Elementos da seção transversal	Usuários vulneráveis	Laterais da via	Elementos gerais	
NOTAS	5,45	9,09	4,35	7,85	7,35	5,92	8,29	2,23	3,58	5,53
COR										

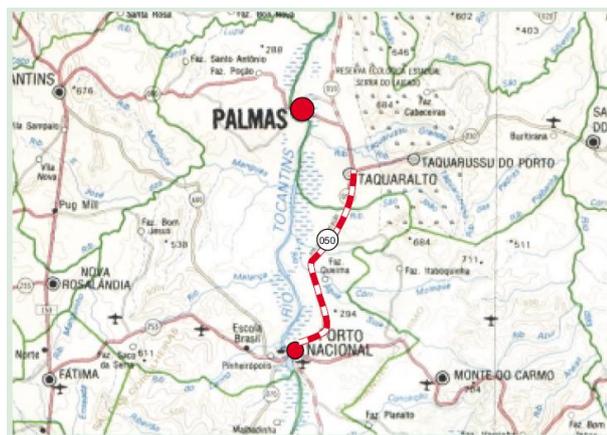
Fonte: Adaptado de NODARI (2003)

3. METODOLOGIA

3.1 Identificação de segmentos críticos

Esta etapa foi desenvolvida utilizando os procedimentos do Método de Identificação de Segmentos Críticos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O segmento da Rodovia TO-050 destacado no mapa é o trecho onde estão inseridos os segmentos que foram avaliados, com extensão de 39 km. Sobre esse trecho, inicialmente foram consultadas informações de projeto, na AGETO (Agência Tocantinense de Transporte e Obras), como o Projeto Executivo de Restauração da TO-050, elaborado no ano 2006, as estatísticas de acidentes e o Volume Médio Diário (VMD) do trecho.

Figura 22 – Localização do trecho para o estudo



Fonte: DERTINS (2006)

3.1.1 Segmentação do trecho

Nessa etapa o procedimento foi a segmentação da rodovia por meio de um tratamento de homogeneização. A extensão de cada segmento é de 1 km, portanto, o trecho em estudo é constituído de 39 segmentos identificados pelo código do agrupamento dos segmentos conforme **Tabela 5**.

Todos os segmentos considerados para o estudo são de pista simples. Os segmentos entre os quilômetros “km 21” e “km 26” estão inseridos na área urbana conforme observação do Mapa de Ordenamento Urbano da cidade de Palmas-TO. Os quilômetros “km 57”, “km 58” e “km 59”, também foram considerados inseridos no perímetro urbano da cidade de Porto Nacional.

Para a obtenção dos parâmetros de cálculo foram consultadas as estatísticas de acidentes da **Divisão de Estatísticas de Acidentes de Trânsito da AGETO**, além da consulta à contagem volumétrica (VMD) realizada no mês de Janeiro de 2017 (Ver ANEXO I). Foram consideradas as estatísticas dos anos de 2013, 2014 e 2015, pois a metodologia recomenda que o estudo seja realizado considerando um período de no mínimo três anos consecutivos.

3.1.2 Cálculo dos parâmetros para identificar os segmentos críticos

Conforme a descrição da metodologia no Referencial Teórico foram calculados os seguinte parâmetros:

- Índice de acidentes do segmento- I_j por meio da Equação 1;
- Índice crítico anual de referência – λ por meio da Equação 2;
- Índice crítico anual de um segmento (IC) $_j$ por meio da Equação 3.

Na realização da análise, quando o Índice de acidentes do segmento (I_j) foi superior ou igual ao índice crítico anual de referência (IC) $_j$ da amostra que ele pertence, o segmento foi considerado como crítico. Para os segmentos críticos foram realizadas a categorização em: **levemente significativo, significativo ou altamente significativo**, conforme os intervalos apresentados na **Tabela 7**. Para uma melhor visualização da categorização desses segmentos no período dos três anos foi adotado uma escala de cores, conforme a representação da Figura 23.

Figura 23: Escala de cores para categorização dos segmentos

	SEGMENTO NÃO É CRÍTICO
	CRÍTICO (LEVEMENTE SIGNIFICATIVO)
	CRÍTICO (SIGNIFICATIVO)
	CRÍTICO (ALTAMENTE SIGNIFICATIVO)

Fonte: Autor (2017)

Nas amostras formadas por apenas um segmento o índice calculado por meio da equação 1 é igual ao índice calculado por meio da equação 2, não sendo necessário a aplicação da Equação 3, com a utilização dos coeficientes estatísticos. Por isso, nessa situação para a aplicação da escala de cores

(categorização dos segmentos) foram levados em consideração apenas o número de acidentes **em cada ano**, pois essa quantidade considerada é semelhante ao números de acidentes nos segmentos avaliados com a aplicação da Equação 3, conforme a representação da Figura 24 para o período de **um ano**:

Figura 24: Escala de cores para categorização em amostras formadas por um segmento

	NENHUM ACIDENTE NO SEGMENTO
	1 (UM) ACIDENTE NO SEGMENTO
	2 (DOIS) ACIDENTES NO SEGMENTO
	3 (TRÊS) OU MAIS ACIDENTES NO SEGMENTO

Fonte: Autor (2017)

3.2 Inspeção dos segmentos

Alguns critérios foram adotados para a escolha de quais segmentos seriam vistoriados para aplicação do Método do Índice de Segurança Potencial em função da categorização na escala de cores considerando o período dos três anos:

- No mínimo dois anos na cor vermelha (não sendo necessário ser consecutivo);
- No mínimo um ano na cor vermelha e um na cor laranja;
- Três anos na cor laranja;
- Qualquer segmento quer apresentar uma quantidade de 6 (seis) acidentes no período dos três anos estudados, independentemente da classificação por cor .

Para buscar o objetivo específico de verificar e quantificar as condições de segurança nos segmentos críticos identificados foi utilizado os procedimentos do Método do Índice de Segurança Potencial (ISP; Nodari, 2003). Para verificação das condições de segurança viária foram realizadas visitas no trecho em estudo e a realização de registro fotográfico. Foram realizadas anotações dos elementos mais notáveis do segmento, como curvas, interseções ou acessos, e o preenchimento da planilha de inspeção (ANEXO II) para a atribuição de notas conforme as características observadas no segmento.

3.2.1 Aplicação do Método de Avaliação Pró-Ativa da Segurança Viária nas vistorias

Nas verificações das condições de segurança foram aplicados os seguintes procedimentos:

- Atribuição de nota conforme condições de segurança com os valores da Tabela 8;
- Cálculo do ISP parcial referente ao segmento que foi calculado por meio da Equação 4;
- Obtenção do ISP global referente ao segmento conforme Equação 5;
- Cálculo do ISP global referente ao trecho formado por n segmentos por meio da Equação 6.

3.3 Investigação das deficiências que contribuem para os acidentes

Essa etapa da pesquisa foi realizada por meio das observações realizadas em campo e com os valores do ISP parcial referentes às macro-categorias, pois por meio deles foi possível verificar quais características da via possuem maior deficiência nos segmentos estudados. Essa análise foi realizada comparando os valores do ISP parcial com o valor do ISP global do segmento. As anotações, registros de imagens, gravação de vídeos e análises dos gráficos com a representação dos índices facilitaram a visualização dessas deficiências.

3.4 Diagnóstico das condições de segurança em escala de cores

De acordo com os intervalos da Tabela 10, os valores encontrados na aplicação das fórmulas foram relacionados à uma escala de cores que permitem a visualização de forma fácil das condições de segurança referentes aos segmentos estudados e de quais características merecem uma atenção maior nesse trecho para intervenções.